

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: RAFTEK

PROJE ADI: Karadan Bağımsız Su Altı Türbinleri ile Şarj İstasyonu

BAŞVURU ID: 69346



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Dünyada fosil yakıt kullanımından dolayı çevre kirliliği oluşması ve canlıların soylarının tükenmesi gibi bir takım kaygı verici sorunlar ortaya çıkmıştır. Bunlara çözüm bulmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme olmuştur. Ülkemizde de yenilenebilir enerji sistemleri üzerine çalışmalar yapılmakta ve kullanımı artmaktadır. Böylece ülkemizin dışa bağımlılığının önüne geçilmesine çalışılmaktadır. Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda ülkemizin coğrafi olarak üç tarafının denizlerle çevrili ve 8 bin 333 kilometre kıyı şeridinde sahip olması büyük bir avantajdır.

Projemizde karadan bağımsız bir şekilde elektrikli deniz araçlarının elektrik ihtiyacını karşılanması amaçlanmıştır. Tasarladığımız sistemin amacı deniz altı su türbininden elektrik enerjisi elde etmektir. Bu sistem karadan uzak mesafede 25-30 metre derinliğe yerleştirilecektir. Tasarımımızda deniz altı akımlarından gelen enerjiyi en az kayıpla rotora aktarmak için en uygun kanat profilleri seçilmiştir. Rotor üzerine monte edilmiş kanatlar direkt rotoru döndürür. Milden alınan mekanik enerji direkt kanatlara bağlı olan kalıcı mıknatıslı senkron jeneratörü (KMSJ) ile alternatif akım (AA) elektrik enerjisine dönüşür. Daha sonra üç fazlı tam dalga köprü diyot doğrultucu devresi ile doğru akıma (DA) dönüştürülür. Ayrıca buck-boost dönüştürücü devre ve PI kontrolör ile DA geriliminin sabit tutulması sağlanır. Çıkış gerilimi bataryalarda depolanacaktır. Depolanan enerji talep eden elektrikli deniz araçlarına aktarılacaktır. Böylece elektrikli deniz araçlarının karadan bağımsız olarak talep ettikleri elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanması düşünülmektedir. Projemizde tasarlamak istediğimiz sistemin modeli Şekil-1’de verilmiştir. Bu çalışmaların kontrolü Matlab/SIMULINK ortamında simüle edilmiştir.



Şekil-1: Karadan Bağımsız Su Altı Türbinleri ile Şarj İstasyonu

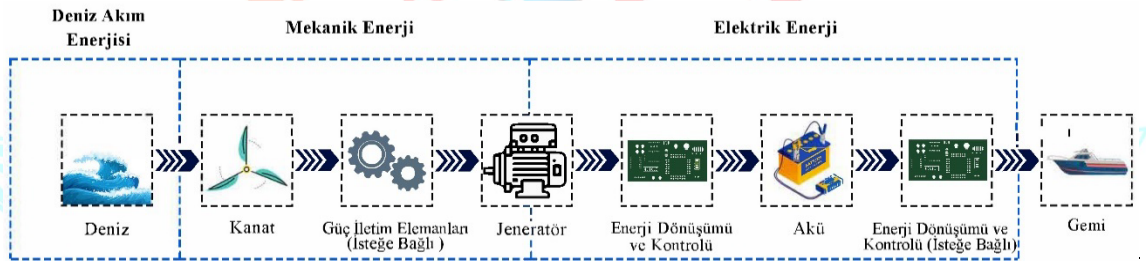
2. Problem/Sorun:

Geleneksel olarak kullanılan deniz araçları fosil yakıtlar ile çalışmaktadır. Uluslararası gemicilik endüstrisinin karbon ayak izi ürettiği bilenen bir gerçektir. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün çalışmalara göre, denizcilik sektörü yılda 940 milyon ton CO₂ üretmektedir. Bu da bir yılda salınan küresel sera gazının %2.5-%3'üne tekabül eder [1]. Denizcilik sektöründe çevreye zararlı fosil yakıtlar kullanmak yerine çevreci bir alternatif çözüm olarak elektrikli deniz araçlarının kullanımının arttırılması ön plana çıkmaktadır. Elektrikli deniz araçlarında yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş panelleri tercih edilebilir. Ancak fazla yer kaplaması, ağırlığının fazla olması ve güneşin olmadığı zamanlarda çalışmaması gibi dezavantajları vardır. Limanlardan enerji tedarik eden elektrikli deniz araçlarının tek şarj ile gidebileceği mesafe sınırlıdır. Bu gibi problemler elektrikli deniz araçları sektörünün

gelişimini yavaşlatmaktadır. Projemiz elektrikli deniz araçlarının kullanımını yaygınlaştırmak ve çevreye olan zararlı etkilerini azaltmayı hedeflemektedir.

3. Çözüm

Su altı türbinin kurulumunun ilk adımı, yerçekimi yapısı olarak bilinen ve stabilizeyi sağlamak için yapının tabanına bağlı büyük bir beton veya çelik kütesini oluşturmaktır. Daha sonra üzerine türbin monte edilir. Su altı türbinin parçaları göbek veya yatay ekseninde bir rotor ve bir KMSJ üzerine monte edilmiş üç kanattan oluşur. Akan suyun hidrodinamik etkisi kanatlara çarparak rotorun dönmesine neden olur. Böylece rotora bağlı KMSJ'yi döndürür. KMSJ çıkışından elde edilen AA elektrik enerjisi üç fazlı tam dalga köprü diyot doğrultucu ile DA'ya çevrilir. Daha sonra depolanmak üzere deniz altı kablolar aracılığıyla su üstü platformdaki batarya grubuna bağlanır. Elektrikli deniz araçlarına depolanan bu enerji aktarılır ve bataryalarının depolayabildiği enerji kapasitesi sınırına takılmadan ulaşımlarına devam edebileceklerdir. Böylece projemizin karbon salınımı önemli bir ölçüde azaltacağı düşünülmüştür. Şekil-2'de sistemin tüm aşamaları gösterilmiştir.



Şekil-2: Sistemin Tüm Aşamaları

Prototip çalışmamız; prototip bileşenleri, kanat profili, jeneratör, elektronik sistemler, batarya ve kablo olmak üzere 5 ana başlıkta incelenmiştir.

3.1. Prototip Bileşenleri

Su altı türbini temel olarak kanatlar, göbek, kabin ve kuleden oluşur. Türbinin zemininden kanadın en ucuna olan yüksekliği yaklaşık olarak 1.8 metredir. Kabinin zemininden yüksekliği yaklaşık 1.35 m'dir. Bir kanat uzunluğu 0.4 m'dir. Kanadımız deniz akımlarını 7.5° hücum açısında göbeğe montajlanacaktır. Kanat, göbek ve kabin filament (PETG) malzemesinden üretilmektedir. Kabinin içinde mil, KMSJ, üç fazlı tam dalga köprü diyot doğrultucu, buck-boost dönüştürücü ve PI kontrolör elektronik kartı olacaktır. Kule farklı ölçülerdeki ST-37 çelik malzemesinden üretilen konstrüksiyon borularının kaynak yöntemiyle uygun açıda birleştirilmesiyle oluşturulacaktır. Su üstü platformunda sistemin batarya grubu yer alacaktır. Platform, ST-37 çelik borular ve dikdörtgen tahta zemin malzemesi birleştirilerek yapılacaktır.

3.2. Kanat Profili

Deniz akımları enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi kanat profiline bağlıdır. Kanat profilinin alt üst eğrilerinin geometrik şekilleri farklı akış hızları oluşturur. Bu nedenle oluşan basınç farkı kaldırma kuvveti yaratır. Kanat profili seçilirken Ulusal Havacılık Danışma Komitesi'nin (NACA) oluşturduğu standartlardan yararlanılmıştır [2]. NACA 63-XXX serisi yatay eksenli su altı türbinlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaviteye kanatların su altında dönmesiyle oluşan bir aşınma türüdür. Kanat mukavemeti ve kaviteye etkisi düşünüldüğünde kanat profilleri %15 kalınlıkta tercih edilmiştir. NACA 63-X15 kanat

profillerinin kaldırma kuvveti katsayısının sürüklenme kuvveti katsayısına oranı (C_l/C_d), 10^5 Reynold sayısında karşılaştırıldığında; NACA 63-615 kanat profili olarak seçilmiştir [3].

3.3 Jeneratör

KMSJ'ler mekaniksel güçten elektriksel güç elde etmek için su altı enerji üretiminde önemli bir rol oynar. Arıza yapma oranının düşük olması, veriminin yüksek olması, tork-akım oranının yüksek olması ve yüksek kutup sayısında tasarlanabilmelerinden dolayı KMSJ seçilmiştir. KMSJ, dişli kutusu kullanılmadan direkt sürmeli olarak kullanılacaktır böylece maliyet de azaltılmış olur. Hesaplamalarımızın sonucunda 400 W gücünde seçilmiştir.

3.4. Elektronik Sistemler

KMSJ'den elde edilen değişken çıkışlı AA elektrik enerjisi, üç fazlı tam dalga köprü diyot doğrultucu ile DA gerilimine dönüştürülmüştür. Doğrultucunun çıkışı DA-DA buck-boost dönüştürücü kullanılarak rotorun daha düşük hız dönüşünde DA değeri yükseltilir ya da rotorun daha yüksek hız dönüşünde DA değeri azaltılır. Bu dönüştürücünün girişteki gerilim değerindeki değişikliklerine bağlı olarak sabit bir çıkış geriliminin elde edilmesi için bir PI kontrolör kullanılır. Bu işlemler elektronik sistemlerle gerçekleştirilecektir.

3.5. Batarya ve Kablo

Su altı türbininden elde edilen elektrik enerjisi su altı kablolar ile su üstü platformuna taşınmalıdır. Kullanılan su altı kabloları aşınmaya, yıpranmaya ve yüksek yalıtım niteliğiyle düşük ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Batarya grubu olarak kurşun asit aküler kullanılacaktır. Kendi kendilerine deşarj olma ve soğuktan az etkilenmelerinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Prototipimizde XLPE kablo ve kurşun asit akü seçilmiştir.

4. Yöntem

Projemizi gerçekleştirirken kullandığımız yöntemler ve teknolojiler .

4.1. Katı modelleme

SOLIDWORKS bilgisayar destekli tasarım programında prototipimizin detaylı tasarımı yapılmıştır.

4.2. Güç Hesabı

Bir su altı türbinine sağlanan mekanik giriş gücü, $P_t = \frac{1}{2} \rho A v^3$, şeklinde tanımlanır. Burada P türbinin üreteceği güç (Watt), ρ deniz suyunun yoğunluğu (kg/m^3), A Türbin kanatları tarafından süpürülen alan (m^2). v deniz akım hızı (m/s). Türbin çıkış gücünün mevcut giriş gücüne oranı, güç katsayısı C_p olarak adlandırılır. Betz Limiti ($C_{P \text{ betz}}$) olarak bilinen 0.5926 değeri maksimum verimi anlatır. Sabit hatveli bir türbin için bu katsayı türbin kanat uç hızı $R\omega$ 'nın, akım hızına oranı $\lambda = R\omega/v$ formülüne bağlıdır. ω türbinin açısal hızı, R kanadın yarıçapıdır Türbinin mekaniksel çıkış gücü, $P_m = \frac{1}{2} \cdot C_p(\lambda) \cdot \rho \cdot A \cdot \left(\frac{R}{\lambda}\right)^3 \cdot \omega^3$, olarak tanımlanır. Deniz akım hızı ortalama 1.5 m/s hızla geldiği kabul edilmiş, $\lambda=4$ alınmış ve kanat uzunluğu 0.4 metre seçilmiştir [4,5]. Hesaplamalar dikkate alınarak 400 W'lık KMSJ seçilmesi uygun görülmüştür.

4.3 Kanat Tasarımı

Su altı türbinimiz üç kanattan oluşur. Kanat tasarımı yapılırken R ile istasyon noktaları (r) arasında oranlar (r/R) belirlenmiştir. Kanat Tablo-1'de gösterildiği gibi 10 istasyon noktasından oluşmaktadır. Farklı profil istasyonlarında c/R oranı ile istasyon noktasındaki Veter uzunluğu (c) hesaplanır. Düz bir düzlemle kanat profilimizin oluşturduğu açığa hatve

açısı denir. İkinci istasyonda 15° olan hatve açımız azalarak 0° 'ye inmektedir. Kanat Tablo-1'teki değerlerden yararlanılarak NACA 63-615 kanat profili Şekil-3'teki gibi çizilmiştir.

Tablo-1: Modellenen Kanadın Tasarım Parametreleri [5]

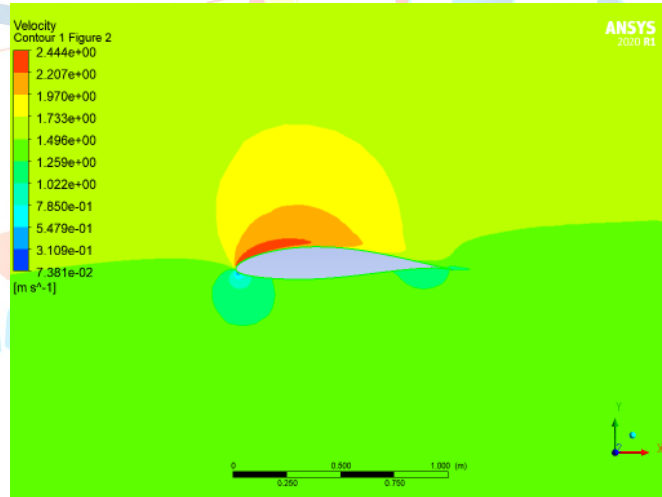
Profil İstasyonu	r/R	r(mm)	c/R	Hatve açısı ($^\circ$)	t/c (%)
2	0.2	80	0.1250	15.0	24.0
3	0.3	120	0.1156	9.5	20.7
4	0.4	160	0.1063	6.1	18.7
5	0.5	200	0.0969	3.9	17.6
6	0.6	240	0.0875	2.4	16.6
7	0.7	280	0.0781	1.5	15.6
8	0.8	320	0.0688	0.9	14.6
9	0.9	360	0.0594	0.4	13.6
10	1.0	400	0.0500	0.0	12.6



Şekil-3: Türbin Kanat Tasarımı

4.4 Kanat Profili Analizi

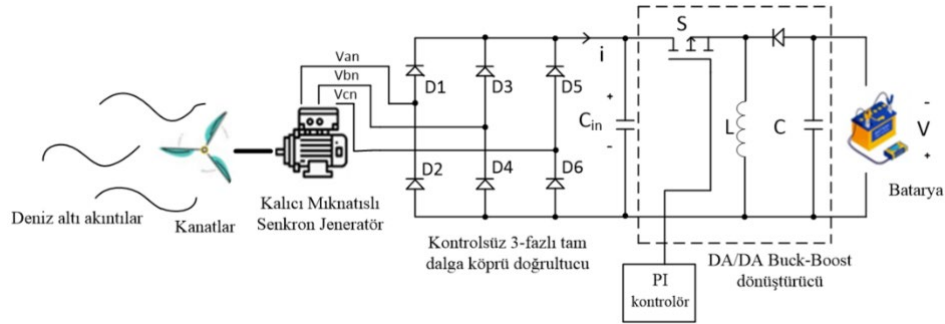
Türbinde kullanılan kanat profilinin analizi için ANSYS Fluent programı kullanılmıştır ve iki boyutlu ortamda kanat profili analize hazırlanmıştır. 10^5 Reynold sayısı, 7.5° hucüm açısı, 1.5 m/s giriş hızı tanımlanarak akış analizi yapılmıştır. Kanatta kaldırma kuvveti oluşumunu sağlayan, kanat profilin alt ve üst yüzeylerdeki hız farkını görebilmek için Şekil-4'teki hız konturu çiktısı alınmıştır.



Şekil-4: Kanat Profili Analizi ve Konturu

4.5. Elektronik Devre Tasarımı

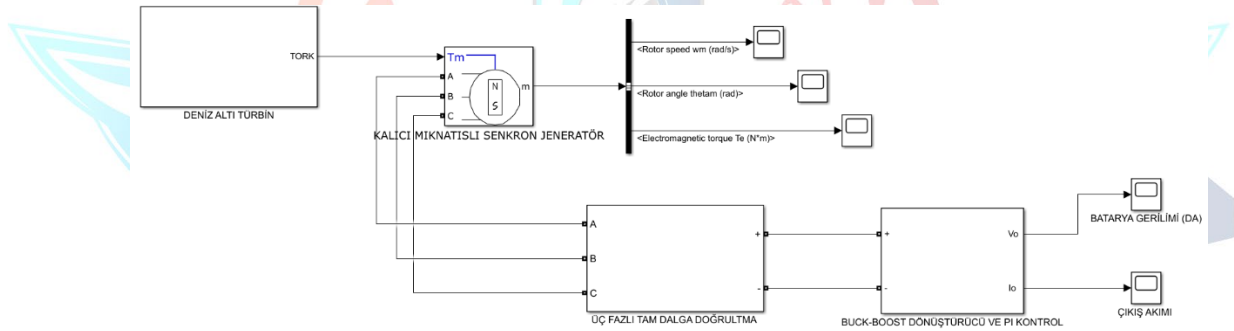
KMSJ çıkışına bağlantısı yapılacak elektronik devre; kontrolsüz üç fazlı köprü diyot doğrultucu devresi ve DA-DA buck-boost dönüştürücü devresi tasarlanmıştır ve PI kontrolör ile gerilim kontrolü sağlanmıştır. Şekil-5'te tüm sistemin elektronik devresi görülmektedir.



Şekil-5: Tüm sistemde kullanılan elektronik devre

4.6. Sistem Kontrolü ve Yazılımı

Çalışmanın elektronik kısmının benzetimi Matlab/SIMULINK'te gerçekleştirilmiştir. Şekil-6'da su altı türbinden elde edilen tork KMSJ'ye aerodinamik tork değeri olarak tanımlanmıştır. Mekaniksel güç KMSJ'de elektriksel enerji olarak A, B ve C fazlarından gerilim elde edilmiştir. Üç fazlı tam dalga köprü diyot doğrultma bloğunda giriş sinyalleri olarak tanımlanmıştır. Bu bloktan çıkış sinyali olarak DA elde edilmiştir. Daha sonra Buck-Boost dönüştürücü ve PI kontrol bloğuna giriş olarak tanımlanıp istenilen sabit DA elektrik enerjisi bataryalarda depolanmak üzere çıkış olarak elde edilmiştir. Aynı zamanda çıkış akımı da izlenmiştir.



Şekil-6: KMSJ çıkışı elde edilen DA gerilim değeri Matlab/SIMULINK

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Literatürü incelediğimizde yabancı ülkelerin denizaltı su türbinleri ile karaya elektrik enerjisi temin ettiği görülmektedir. Bu nedenle enerji taşımadaki zorluklardan dolayı su altı türbinleri karadan uzaktaki verimli bölgelerde kullanılamaz. Kara taşıtları için elektrik istasyonları kurulurken deniz taşıtları için herhangi bir denizde elektrik istasyonu yoktur. Bu araştırma ile yola çıkarak projemizde karadan uzak mesafede açık denize yerleştirilecek su altı türbini ile elektrik enerjisi elde edip tüm elektrikli deniz araçlarının elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanması amaçlanmaktadır. Böylece elektrikli deniz araçlarının karaya bağımlı kalmalarının önüne geçilmiş olur. Burada kullanacağımız KMSJ'yi pandemi sürecinde imalat edilme sıkıntısı yaşandığından dolayı gelecek çalışmamızda kendimiz tasarlamayı düşünüyoruz. AA'yı DA'ya dönüştürmek için kullanacağımız üç fazlı tam dalga köprü diyot doğrultucu ve buck-boost elektronik kartları imal edilecektir.

6. Uygulanabilirlik

Projemiz elektrikli deniz araçlarının enerji ihtiyaçlarını karşılama konusunda tahmin edebilirlik, düşük işletme maliyeti ve modüler olması gibi faktörler düşünüldüğünde diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre avantajlıdır [6]. Proje konumlandırılırken deniz iklimi ve deniz trafiği göz önünde bulundurulmalıdır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın Mayıs 2020'de yayınladığı raporda, global ek enerji kapasitesinin artışının %90'dan fazlası yenilenebilir enerji alanında yapılmıştır [7]. Elektrikli gemi ve yatların pazar payı da günden güne

artmaktadır. IDTechEx'in analiz uzmanlarına göre 2027 yılında elektrikli deniz taşıtlarının pazar payı 20 milyar doları aşacaktır [8]. Su altı türbinlerinin mevcut durumda giriş maliyetleri fosil yakıtlı sistemlerden fazladır. Fakat ilerleyen zamanda bu maliyeti karşılayacaktır. Büyüyen elektrikli deniz taşıtları pazarı ve artan yatırımlar hesaba katıldığında ticarileşmeye de uygundur.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Prototipimizin uygun fiyatlı maliyeti için; üç boyutlu yazıcı filament (PETG), ST-37 Çeliği konstrüksiyon boru ve ahşap malzeme kullanılacaktır.

Tablo-2: Proje Zaman Çizelgesi

İş Tanımı	Tarih		2021				
	3	4	5	6	7	8	9
Proje Fikrinin Oluşumu ve Gelişimi							
Literatür Taraması							
Genel Tasarım							
Motor Seçimi							
Elektronik Sistemler							
Sistemin Kontrolü (Yazılım)							
Detay Tasarım ve Analizi							
Malzeme Seçimi							
Prototipin Yapılması							
Prototipin Test Edilmesi							

Tablo-3: Tahmini Malzeme Fiyatları

No	Malzeme Listesi	Tahmini Fiyat
1	KMSJ (400 W) ve Sürücü	3900 ₺
2	Batarya (12V 12Ah)	250 ₺
3	Deniz altı kablo (2m)	200 ₺
4	Borular ve ahşap	350 ₺
5	PETG Filament (5 kg)	600 ₺
6	Elektronik Malzeme	200 ₺
7	Bağlantı Elemanları	80 ₺

Tablo-4: Harcama Planı

Harcama Planı	Aylar			
	6	7	8	9
Malzeme				
Hizmet				

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projemiz sivil, askeri ve ticari amaçla kullanılan elektrikli deniz araçlarına hitap etmektedir. Elektrikli deniz araçları uzak noktalara ulaşımında problem yaşamaktadır. Öncelikle askeri limanlarda, sahil güvenlik gemileri için, daha sonra insansız otonom deniz araçlarına elektrik enerjisi verilmesi amaçlanmıştır. Askeri alanda Aselsan'ın tasarladığı LEVENT insansız su üstü aracı ve Ares-Meteksan ortaklığı ile üretilen ULAQ Silahlı İnsansız Deniz Aracı (SİDA) projemize ilgi gösterebilecek kullanıcılarıdır. Sivil alanda kullanılan elektrikli yatlar için turizm bölgelerine konumlandırılabilir istasyonumuz, hem ülkemizdeki elektrikli deniz aracı pazarında talebi arttıracak hem de turizm sektöründeki cazibemize katkı sağlayacaktır.

9. Riskler

Bu bölümde iş tanımları hakkında bilgi verilecektir. Projemizin oluşumu, elektrikli deniz araçlarının enerjilerinin yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanması fikriyle ortaya çıkmıştır. Yaptığımız literatür taramaları sonucunda su altı türbinleri, elektronik sistemler ve şarj üniteleri hakkında bilgi edinilmiştir. Edinilen bilgiler doğrultusunda SOLIDWORKS programında proje tanıtım videomuz için erken aşama tasarımı yapılmıştır. Yaptığımız

hesaplara göre su altı türbinimize uygun jeneratör seçilmiştir. Elektronik sistemler jeneratörden gelen enerjiyi bataryada depolanabilir hale getirmektedir. Sistemin kontrolü için Matlab/SIMULINK programında benzetimler yapılmıştır. Detay tasarım ve analiz işlemlerinde SOLIDWORKS ve ANSYS Fluent programlarından yararlanılmıştır. Prototipin oluşturulmasında malzeme fiyatlarının uygun olması, montajının kolay olması ve proje fikrinin etkin bir şekilde aktarılabilmesi amaçlanmıştır.

Tablo-5: Oluşabilecek Riskler ve Önleme Planı

No	Riskler	Önleme Planı	Risk Sınıfı
1	Kanatların dönmesini engelleyecek deniz yosunları gibi faktörler	Türbinin bakım yapılabilirliğini arttıracak tasarım çalışmaları yapılabilir.	Olasılık: Düşük Etki: Orta
2	Türbin kanatları deniz canlılarına zarar vermesi	Sensörler yardımıyla türbin durdurularak zarar önenebilir	Olasılık: Orta Etki: Düşük
3	Deniz ortamı oldukça korozif olması	Su ile temas eden materyaller uygun boya ile boyanır.	Olasılık: Orta Etki: Orta
4	Kavitasyon aşınmasının kanatlara zarar vermesi	Uygun hesaplamalar yapıp etkisi optimum şekilde azaltılabilir.	Olasılık: Orta Etki: Yüksek

Tablo-6: Risk Matrisi

Olasılık

Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek
Orta	Düşük	Orta	Yüksek
Düşük	Düşük	Düşük	Orta
	Düşük	Orta	Yüksek

Etki

Tablo-7: Maliyet

Toplam Maliyet	5580 ₺
----------------	--------

10. Kaynakça

- 1- <https://www.ship-technology.com/features/electric-ships-the-world-top-five-projects-by-battery-capacity/>
- 2- <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca632615-il>
- 3- Fu-wei Zhu, Lan Ding, Bin Huang, Ming Bao, Jin-Tao Liu, “Blade design and optimization of a horizontal axis tidal türbine”, Ocean Engineering, Volume 195, 2020.
- 4- Mbabazi, S., Wang, J., Stone, D. A., & Bright, C. (2012). “Tidal stream power collection passive rectification to a common DC-bus”, 6th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2012).
- 5- Batten, W. M. J., Bahaj, A. S., Molland, A. F., & Chaplin, J. R. (2008). The prediction of the hydrodynamic performance of marine current turbines. Renewable Energy, 33(5), 1085–1096
- 6- Şimşek, N. E., “Deniz Akımları Enerjisi ve Türbinleri”, III.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirileri, Adana, 2005
- 7- Dünya Enerji Konseyi Türkiye, 2020 Küresel Yenilenebilir Enerji Finansmanı Raporu, 9 sayfa.
- 8- <https://www.idtechex.com/en/research-article/electric-boats-and-ships-2017-2027-large-market-emerging/10468>